

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

建築物外遮陽板採光、遮陽與太陽能光電效益評估研究--以 淡水地區為例

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2211-E-032-017-

執行期間：93 年 08 月 01 日至 94 年 07 月 31 日

執行單位：淡江大學建築學系

計畫主持人：周家鵬

計畫參與人員：廖霖梅、蘇皇宇

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 7 月 19 日

中文摘要

研究內容以淡水地區太陽輻射能量與日照可及漫射光度方面資料之整理與分析為基礎，供作評估建築外牆開口部設置水平、垂直以及格柵三種遮陽型式模組時，對於建築室內運用自然採光以及太陽輻射熱遮蔽的效果，同時以遮陽板結合光電板設置的方式，討論模組在太陽能再生能源方面之光電效益；針對此三種遮陽型式模組進行採光、遮陽以及光電效益之影響因子比較分析，並提供多組效益條件綜合比較各模組效能，給予淡水地區設計者與使用者相關建議之參考。

1. 以淡江大學建築研究所歷年關於水平、垂直以及格柵遮陽型式之自然採光模型實驗操作模組為基礎，設定本研究進行採光、遮陽與光電效益模組討論範圍。
2. 進行淡水地區相關日照資料整理；在「淡水地區全天空日照可及漫射光度」方面，依張弘樺君相關預測模型推估淡水日照可及漫射光度值，再配合國家照度標準訂定淡水地區晝光基準；「太陽輻射能量」方面，依「時期」、「方位角」、「傾斜角度」分析太陽輻射能量特性，並提供淡水地區適切量體比例與配置方位相關建議。
3. 針對各遮陽型式模組進行採光、遮陽以及光電效益操作以及相關結果數據整理。
4. 進行採光、遮陽以及光電效益之影響因子比較分析，並以「採光與遮陽」、「遮陽與光電」及「採光、遮陽與光電」綜合效益項目依不同條件因子比較各模組效能。
5. 以研究討論範圍與假設條件下，依「等體積量體表面受熱情形」建議淡水地區適切量體比例與配置方位，並以「模組最佳方位」、「方位最佳模組」及「相同開窗率下最佳模組」提出遮陽模組於「採光與遮陽」、「遮陽與光電」及「採光、遮陽與光電」綜合效益比較結果，供淡水地區建築物外牆設置開口部與外遮陽設施之建議與參考。

關鍵詞：晝光基準；採光節能；窗面日射取得量；遮蔽效益；光電效益

英文摘要

The main purpose of this study is to provide the comprehensive analysis of energy conservation in the aspect of daylighting , shading Devices, and solar pannels for three type of shading device---horizontal , vertical, and eggcrate in Danshuei Area. The performance of those combinations for the contribution of energy saving will be discussed. The results of this study will provide energy saving guideline for different orientations to meet the designer's needs.

1. To make decision of shading device models. Combining antecedent research of Shading Physical Scaling Model and sorting out the congruent factors of them.
2. To provide the energy saving of solar radiation and diffuse daylight in Danshuei area and to evaluate the efficiency of daylight performance and shading efficiency for each shading device model. Above analysis and evaluation are focus on the radiation, season, azimuth, and tilt angle, and a recommendation will be presented for designers.
3. To analyze the performance data of the combination of solar radiation, daylighting, and solar panels.
4. To analyze factors of energy conservation in the aspect of daylighting , shading Devices, and solar pannels , and compare the efficiency of those combined models.
5. To make conclusions and the recommendation of further study.

Key word : Daylighting Reference ; Daylighting Saveenergy ; Shading efficiency ; solar radiation from window ; Solar Energy efficacy

一、緣起與目的

延續全球對於永續概念的發起，同時也意識到現有（限）資源的可貴，在多方積極努力的成果中，建築相關領域也不斷嘗試結合「資源開源節流」於設計概念、硬體設備、建築技術等，尤其佔台灣地區建築物耗能達 90% 的人工照明及冷氣空調兩項目，更是主要研究課題之一。

因此，研究中嚐試從建築物理「光」、「熱」兩環境切入建築和周圍環境的關係，以及彼此間相因應的方式，反應到建築配置方位、量體型態、立面開口部大小以及外遮陽設施方面的討論，給予建築初步規劃時與環境共生的美好圖像。

本研究以淡水地區相關日照資料為基礎，討論太陽輻射能量與建築量體方位配置及比例之間對應的關係，同時進行在不同面向方位下，建築立面開口部及外遮陽設施對於室內「採光品質」、「熱遮蔽效果」的效益分析，並且以遮陽板結合光電板之設置，討論各模組「光電轉換效益」，提出綜合效益評估項目與方式，供作淡水地區建築配置及立面設置外遮陽板時之參考依據。

二、文獻整理

與本研究較密切關係者，依（一）自然採光（二）日照與遮陽（三）建築物開窗性能（四）建築用氣象資料（五）建築再生能源使用五方面進行整理。而與研究相關之主要文獻整理如下：

表 1 相關文獻

（一）太陽輻射能量與日照可及漫射光度相關研究	
■ 「建築光環境塑造之全天空太陽輻射能量與可及漫射光度模型之建立」張君建立三種天穹狀況下之日照可及漫射光度之預測模型，作為淡水地區相關日照資料之基礎	張弘樺，2000，淡江大學碩論
（二）建築量體表面積受熱情形討論	
■ 「太陽輻射能量在初步規劃設計上之應用---以恆春地區為例」研究內容以恆春地區之太陽輻射能量為基礎數據，以單位面積下 4 8 組垂直面向方位及水平面太陽輻射能量（W/M ² ），討論量體「等體積」、「等樓地板面積」以及「等表面積」條件下量體表面受熱情形，同時依「等價圖表」方式提供建築量體比例與規劃配置時之參考建議。	吳明威，2004，淡江大學碩論
（三）自然採光與照明節能	
■ 「建築技術規則中採光規範之研究：以住宅及旅館居住單元空間為對象」嘗試討論「室內寬度」、「室內深度」以及「開口部」等因子對與室內有效採光運用之影響，研究中以住宅空間為對象，利用「晝光實驗室」及縮尺比例模型實測方式，分析開窗、室內、室外向度等因子對採光之影響，並以此對採光法規加以檢討並提出建議，此研究將設計中對採光有關之因子部分亦提出具體之參考依據，建議室內有效採光深度為 4 公尺、寬度為 6 公尺。	游壁菁，1992，淡江大學碩論。

<ul style="list-style-type: none"> ■ 「水平遮陽板與導光板之採光效能研究」針對遮陽板與導光板的採光效果及遮陽板的遮蔽效果作研究，分析水平板在開窗率、深度比等條件下，對開口部的遮蔽效果以及室內光環境的影響效果，並提出最佳自然採光設計手法。 	陳致和，1995， 淡江大學碩論
<ul style="list-style-type: none"> ■ 「格柵遮陽板之遮蔽效果與採光效能相關研究」從建築節約能源觀點，檢視「格柵遮陽板」其採光與遮蔽情形，研究理論依據「晝光率」、「遮蔽率」分別測試採光效能及遮蔽效能；採光部份以半球晝光實驗室進行縮尺比例模型實測，並利用電腦模擬程式進行遮蔽效果評估。 	廖蓮輝，1996， 淡江大學碩論
<ul style="list-style-type: none"> ■ 「建築物垂直遮陽板之採光與遮蔽效能綜合研究」著重於垂直遮陽板基礎資料的建立，檢視「格柵遮陽板」其採光與遮蔽情形，研究理論依據「晝光率」、「遮蔽率」分別測試採光效能及遮蔽效能；採光部份以半球晝光實驗室進行縮尺比例模型實測，並利用電腦模擬程式進行遮蔽效果評估。 	劉澄泰，1997， 淡江大學碩論
<ul style="list-style-type: none"> ■ 「綠建築解說與評估手冊（2003 年更新版）」配合國家室內照度規範在不同室空間用途所訂之照度標準，以相較其他國家較低之標準表列對應該空間照度要求下單位面積人工照明耗電量（W/M²），即為照明用電密度基準 UPD。 	林憲德，2003
（四）遮陽板遮蔽效能	
<ul style="list-style-type: none"> ■ sun-shade 電腦模擬程式：以三角幾何關係式建立電腦 Sun-Shade 程式，依太陽運行軌跡動態模擬建築物全年受日照、日射的狀況，紀錄逐時、全年外遮陽設施對於建築外牆開口部之遮蔽效果，以「遮蔽率」作為評估數值。 	李義鴻，1992
（五）光電效益	
<ul style="list-style-type: none"> ■ 「太陽電池應用於建築上之研究」採其分析新竹、澎湖、屏東實驗室系統長期監測資料推估轉換器效率值為 0.75。 	張子文，2001， 成功大學碩論
<ul style="list-style-type: none"> ■ 太陽電池市場市場模組轉換效率 	工研院材料所 2005 年資料

三、研究方法

本研究主要係討論關於淡水地區建築物之居室空間如何在「太陽輻射熱」、「室內採光效能」、「遮陽系統遮蔽效果」以及「太陽能源使用」等相關建築環境因子考量下，透過採光實驗數據整理、電腦模擬遮陽設施之遮蔽率及遮蔽效能並依據各項評估數據進行相互解析與討論，內容如下：

- （一）資料蒐集與文獻回顧之整理
- （二）遮陽、採光與太陽能源再生使用理論解析
- （三）採光模型實驗數據整理
- （四）遮陽板遮蔽效果之電腦模擬
- （五）效能綜合評估

表 2 研究方法之整理

項目	對象	來源	內容
1. 資料蒐集整理	• 歷年文獻	• 研究論文 • 出版書刊 • 發表刊物	分就自然採光、日照與遮陽、建築物開窗性能，以及建築用氣象資料與建築再生能源使用等五項方面。
2. 數據整理	• 太陽輻射量	• 全天空日射量推導	a. 48 方位（方位角以正北為 0°、依順時針劃分為 48 個方位） b. 7.5° 傾斜角（7.5 度為間隔，依水平、垂直、及各傾斜面所得全天空太陽輻射量） c. 分為全年期、溫熱期、冷涼期
	• 模型實驗之晝光率	• 歷年研究資料（陳致和、廖連輝、劉澄泰）	a. 遮陽型式、模組整理 b. 依室內外周區晝光利用情形分析評估採光效能 c. 晝光照度
3. 電腦模擬	• 遮蔽率	• Sun-Shade 程式（李義鴻，1992）	a. 依不同遮陽型式及模組模擬遮蔽率值 b. 進行 48 方位遮蔽輻射量
4. 效益評估分析	• 遮陽效能 • 採光效能 • 太陽能利用	• 研究整理分析	a. 圖、表整理及分析 b. 評估依據及建議

四、結果與討論

研究內容主要可分為三部分：（一）淡水日照資料整理（二）淡水地區建築量體受熱情形（三）遮陽板於採光、遮陽及光電效益評估。依據淡水地區太陽輻射能量數據以及日照可及漫射光度相關文獻資料整理與分析結果，討論淡水地區建築量體等體積條件下配置之情形，同時提供遮陽模組操作採光、遮陽以及光電效益，以具體能源量化方式進行分析，提出評估遮陽模組效益內容項目，給予淡水地區建築物在相關配置計劃以及設置外遮陽板設施時之建議。

（一）淡水日照資料整理

1. 全天空日照可及漫射光度--訂定晝光基準

（1）淡水地區之日照可及漫射光度

採張弘樺君於淡水地區可及漫射光度之研究(註 1)中所建立的日照可及漫射光度模型推導淡水地區之可及漫射光度值，其依天穹分類分別為晴天模型、陰天模型，及半陰天模型，本研究採一般討論自然光運用時所用之陰天模型作為推導淡水地區日照可及漫射光度的基礎，代入淡水緯度為 N25.15° 之陰天模型： $Ed_{-pc}=0.18+25.507(\sin At)^{1.0804}$ ，得到代表淡水地區之可及漫射光度為 23084.74 (lux)。

註 1、張弘樺探討日射量與晝光照度在建築環境計劃分析時之實際量化應用為主，並經由時地觀測紀錄，進而推導淡水地區日射量之線性迴歸方程式。

(2) 淡水晝光基準

依國家室內照度規範中針對不同室內用途性質的空間所訂之照度標準作為訂定淡水晝光基準的基礎，以一般視覺基準之照度標準分別為 300 lux、500 lux、750 lux 對應該空間在單位面積下使用人工照明的用電量，即為照明用電密度基準 UPD (W/m^2) 配合前項所推之代表淡水地區之可及漫射光度值分別求得該照度要求下之基準晝光率，如表 3 所示：

表 3 淡水晝光基準分級

	視覺要求		
	簡單	中等	較高
國家照度基準 (lux)	300	500	750
轉換	(照度基準 / 淡水可及漫射光度) $\times 100\%$		
基準晝光率	1.30%	2.17%	3.25%
照明用電密度 (W/M^2)	12	20	30
代入淡水地區可及漫射光度：23084.74 (lux)			

資料來源：本研究整理

2. 淡水地區太陽輻射能量解析

太陽輻射能量依時期、方位以及傾斜角度劃分方式，依三時期〔全年期、溫熱期（5~10 月）、冷涼期（12~3 月）〕、48 組垂直面向方位角以及 15 組傾斜角進行數據整理分析：

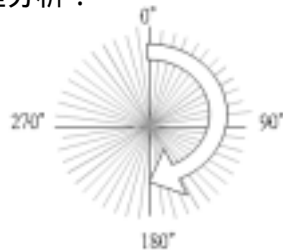


圖 1 方位角劃分方式

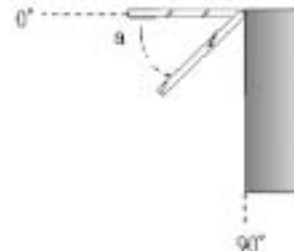


圖 2 傾斜角劃分示意圖

(1) 全年期、溫熱期、冷涼期三時期比較

溫熱期之太陽輻射能量多於冷涼期，相差最大至 460 (kw/m^2Yr)，佔全年期 32%~95% 之間，而冷涼期則在 48% 以下，僅在方位角 157.5°~202.5°（正南左右各 22.5 度）間配合傾斜角度在 37.5°~90° 範圍內時，其太陽輻射能量值則大於溫熱期，最高約達 70 (kw/m^2Yr)，可參附圖 1、2、3。

(2) 遮陽與光電效益之因應

以太陽輻射能量值作為建築立面遮陽對應太陽輻射能量之因應時，溫熱期分別在接近方位角 97.5° 及 262.5° 得到較高的太陽輻射能量值 860 (kw/m^2Yr)，相對地應在此方位角範圍內考慮適切遮陽的設施。

在光電效益方面，依照三時期各方位 15 組傾斜角組數建議最佳傾斜角設置角度，溫熱期最佳設置方位變動範圍較全年期與冷涼期小，而冷涼期變動範圍最大，如表 4 所示：

表 4 三時期最佳光電效益之傾斜角度範圍

	最佳設置傾斜角度範圍	差距 (kw/m ² Yr)
全年期	0°~22.5°	70
溫熱期	0°~7.5°	30
冷涼期	0°~45°	160

資料來源：本研究整理

然而，考慮光電板之最大效益下，研究則以調整最佳傾斜角度獲得最大太陽輻射能量值進行討論；以 48 組方位中，一月至十二月裡最佳設置傾斜角度之太陽輻射能量值相加，則方位角 105°-180°-262.5° 之間其太陽輻射能量照射量明顯大於固定式之光電板，最多高於 9.33%，兩者相差約為 123 (kw/m²Yr)，如附圖 4。

(二) 淡水地區建築量體配置之建議

量體在等體積條件下，以表面受太陽輻射能量值進行量體配置討論；由於垂直面與水平面之太陽輻射能量值在各組方位角上其單位面積下相差的幅度在 42~92% 之間，約為 600~1160 (kw/m²Yr)，因此，在不同配置方位下「扁長」量體受熱情況的差距較「瘦長」、「中瘦」的量體小，以 00000-90000-18000-27000 配置方位佳。

(三) 遮陽模組效益分析評估

研究中討論的遮陽板模組主要以淡江大學晝光實驗室之歷年研究為基礎，綜合陳致和君、劉澄泰君和廖蓮輝君所作水平、垂直、及格柵三種遮陽型式(註 2)(之後皆稱為「前期研究」)於採光效能模型實驗的模組設定為依據，依三人操作實驗中相同因子的設定，作為本研究在討論遮陽板效益時的模組對象，整理如表 5：

表 5 遮陽模組設定

遮陽型式		開窗率 (%)	遮陽深度比	* 格柵遮陽在開窗率 25% 以上時依垂直板間距有兩組以上相同開窗率模組，水平、垂直及格柵三種型式遮陽板模組組數合計為 140 組。
水平	單片	15、20、	0.2、0.4、	
垂直	間距 60 cm	25、30、	0.6、0.8、	
格柵	六分格	35、40、45	1.0	

1. 單一效益

水平、垂直、格柵三種遮陽型式模組分別於採光、遮陽以及光電效益方面之最佳效益範圍，依序整理於表：

表 5 遮陽型式模組分別於採光、遮陽以及光電效益方面之最佳效益範圍

1. 各模組達晝光利用要求時之開窗率		
遮陽型式	晝光利用要求	
	簡單要求	中等要求
水平	25%	30%
垂直	20%	30%
格柵	25%	40%

註 2 三人分別針對水平、垂直及格柵遮陽模組採光與遮蔽效果進行研究，理論依據「晝光率」、「遮蔽率」評估採光效能與遮蔽效能。

以晝光基準之中等視覺要求作為室內晝光利用效益之上限，外周區範圍內之室內面積全年最多可達 2467.94 (kW/Yr)。晝光利用在自然採光節能方面，包括節約之燈具照明用電量以及相對所節約燈具發熱之空調用電量，其中所節約燈具發熱之空調用電量約佔整體採光節約用電之 23%。

2. 遮陽型式最佳遮蔽（光電）效益範圍

遮陽型式	方位範圍	遮蔽效益 最大模組（方位角）	最大效益值（kw）
水平	52.5° -120° 232.5° -277.5°	h4510（255°）	11597 （ 934 ）
垂直	105° -142.5° 217.5° -262.5°	v6045-10（240°）	11644 （ 1094 ）
格柵	52.5° -120° 247.5° -300°	e1-45-10（255°）	14644 （ 1179 ）

3. 遮陽型式模組單位面積下之最佳光電效益範圍

遮陽型式	方位範圍	光電效益 最大模組（方位角）	最大效益值 （kw/m ² Yr）
水平	52.5° -120° 232.5° -315°	h4502（240°）	251.49
垂直	7.5° -45° 127.5° -157.5° 202.5° -225° 322.5° -352.5°	v6045-02（135°）	191.08
格柵	112.5° -150° 217.5° -255°	e1-45-02（240°）	169.44

2. 綜合效益

依既有之數據結果為基礎，討論遮陽板在採光節能、遮蔽效能以及太陽光電能源方面之綜合效益，主要評估的項目為：（1）採光與遮陽之綜合效益（2）遮陽與光電之綜合效益（3）採光、遮陽與光電之綜合效益

研究的結果數據以三種遮陽型式的 140 組模組與 48 組垂直面向方位於全年期之效益為範圍，依照「模組之最佳方位」、「方位之最佳模組」以及「相同開窗率下之最佳模組」之分析方式，供作以各個綜合效益為原則時，給予遮陽板設置時之適切建議。

依研究中討論淡水地區建築量體於等體積下其表面積受熱之情形，配合針對 140 組遮陽模組所整理、推導其個別於自然採光、遮陽及光電轉換方面之單一及綜合效益，可提供淡水地區建築以實際量體尺寸進行操作，從物理「熱」環境著手建築量體比例、方位配置之初步規劃，並依其立面之面向方位依照不同效益之考量，選擇該建築量體各向立面適切符合其開窗向度、遮陽向度之遮陽模組，並且依量體室空間比例推估遮陽模組相關之效益，如圖 3。

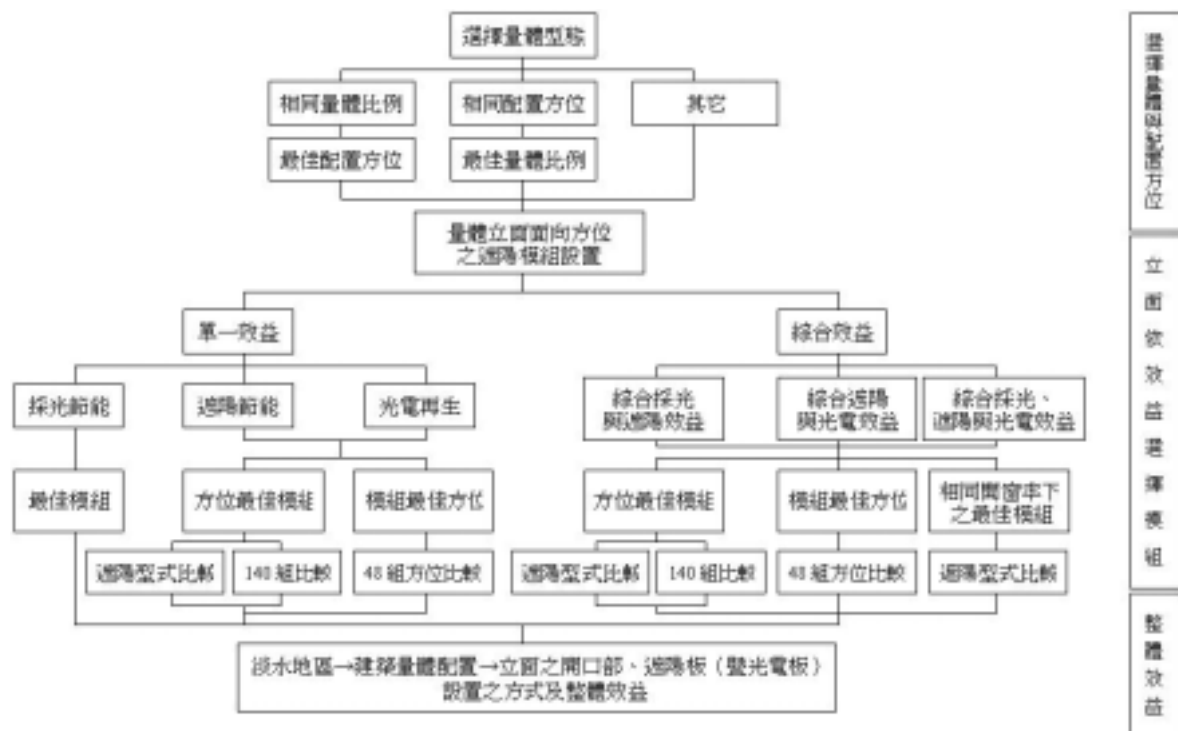


圖 3 淡水地區建築量體配置與立面遮陽設置相關能源效益之操作流程

五、後續發展與研究建議

（一）日照資料系統建立

台灣少有縣市如淡水地區外除了中央氣象局監測、收集相關氣候資料，尚還進行日照方面的研究，然而氣象實測資料的蒐集更需長久時間的累積方能將相關的分析建立成較具可信度之迴歸模型，而其中也需不斷地經由實際數據修正相關係數；如何透過淡水地區相關日照方面的經驗累積、複製到其它地區，以省時而有效率的方式操作進行，可成為後續相關研究探討內容。

本文已就淡水地區之日照率修正淡水地區之太陽輻射能量模型，進而由所得之太陽輻射能量轉換至日照可及漫射光度模型；然而當中尚還需要當地實測資料的來回驗證，方能建立其有效、可信的日照資料系統。

（二）遮陽模組之遮蔽效益進行

研究針對外遮陽板遮蔽經由開口部進入室內之太陽輻射能量作為遮陽模組之遮蔽效益時，需操作「外遮陽系統電腦模擬程式---Sum-Shade」(李義鴻，1992) 得到該組之逐時、逐日之遮蔽率，再配合該時間之太陽輻射能量及開窗面積，在不同時間累積下即為該模組於時間下之遮蔽效益，再進一步轉換為節約室內空調負荷之用電量；其中之作業流程重複性質極高，在未來可以整合於單一之電腦操作介面，簡易進行相關研究之討論。

（三）建築能源設計整合

現階段關於淡水地區外遮陽板之效益是由與晝光利用相關之日照可及漫射光以及遮蔽效能之太陽輻射能量所延伸之採光效益、遮蔽效益以及光電效益等議題；然而以台灣具濕、熱氣候特性的氣候環境條件下，建築誘導式通風手法的運用，在建築整體敷地環境方面也有其重要、調節微氣候環境的角色；在未來尚可綜合「光」、「熱」、「風」之條件，探討建築開口部與外遮陽板設置相呼應之關係。

參考文獻

- 1、陳致和，1995，「水平遮陽板與導光板之採光效能研究」，淡江大學碩論。
- 2、廖蓮輝，1996，「格柵遮陽板之遮蔽效果與採光效能關係研究」，淡江大學碩論。
- 3、劉澄泰，1997，「建築物垂直遮陽板之採光與遮蔽效能綜合研究」，淡江大學碩論。
- 4、張弘樺，2000，「建築光環境塑造之全天空太陽輻射能量與可及漫射光度模型之建立」，淡江大學碩論。
- 5、張子文，2001，「太陽電池應用於建築上之研究」，成功大學碩論。
- 6、吳明威，2004，「太陽輻射能量在初步規劃設計上之應用-以恆春地區為例」，淡江大學碩論。
- 7、彭聖皓，2001，「太陽能光電系統在建築上應用之研究」，台灣科技大學碩論。
- 8、蕭艾鈴，2003，「學校建築節能設計分析與全尺度實驗印證」，中山大學碩論。
- 9、黃建誠、戴邦文，2001，「產業照明燈具改善實例」，經濟部能源節約技術報導，第41期。
- 10、游壁菁，1992，「建築技術規則中採光規範之研究：以住宅及旅館居住單元空間為對象」，淡江大學碩論。
- 11、周家鵬，「建築技術規則採光相關規定之研究」，1992，內政部建研所。
- 12、徐筱琪等，「國人空調舒適度調查研究」，工研院能資所報告編號 06389D056。
- 13、林憲德，2003，「綠建築解說與評估手冊（2003年更新版）」。
- 14、尤如瑾，2004/06/15，「從世界太陽光電市場發展概況來看」，產業技術服務網，工研院 IEK 機電運輸組。